

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/000406

International filing date: 17 January 2005 (17.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: EP
Number: 04001723.8
Filing date: 27 January 2004 (27.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 25 February 2005 (25.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

EP/05/406

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

04001723.8

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:
Application no.: 04001723.8
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 27.01.04
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
80333 München
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren zur Reparatur eines Bauteils einer Strömungsmaschine

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

B23P/

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT RO SE SI SK TR LI

EPO - Munich
83

27. Jan. 2004

Beschreibung

Verfahren zur Reparatur eines Bauteils einer
Strömungsmaschine

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reparatur eines beschädigten und/oder gealterten Bauteils einer Strömungsmaschine, welches zumindest teilweise aus einem keramischen Verbundwerkstoff gebildet ist.

10

Strömungsmaschinen, wie beispielsweise Dampf- oder Gasturbinen, Verdichter oder dergleichen, weisen insbesondere in ihrem Strömungskanal Bauteile auf, die während des Betriebs der Strömungsmaschine hohen physikalischen und chemischen Beanspruchungen ausgesetzt sind. Solche Bauteile sind insbesondere Leit- und Laufschaufeln, aber auch Wandlelemente, welche den Strömungskanal bilden oder diesen auskleiden. Besonders bei Gasturbinen unterliegen die mit Heißgas beaufschlagten Bauteile während des bestimmungsgemäßen Betriebs einer Vielzahl von Einwirkungen wie durch korrosive Medien, durch oxidierende Atmosphäre, durch hohe Temperaturen oder auch durch Fremdkörper (FOD, foreign object damage). Dies kann dazu führen, dass Bauteile beschädigt werden bzw. einer Alterung unterliegen.

25

Für hohe Anforderungen an die Bauteile, wie beispielsweise bei Gasturbinen, ist es vorgesehen, dass diese Bauteile aus keramischen Verbundwerkstoffen hergestellt sind, die beispielsweise durch einen Verbund aus Keramik und Metall oder auch unterschiedlichen keramischen Werkstoffen gebildet sein können. Um den hohen Anforderungen beim Betrieb der Strömungsmaschine gerecht werden zu können und um einen hohen Wirkungsgrad erreichen zu können, werden im Stand der Technik in zunehmendem Maße Bauteile aus keramischen Verbundwerkstoffen, insbesondere Kombinationen unterschiedlicher keramischer Werkstoffe, verwendet. Zur Verbesserung des typischerweise spröden Bruchverhaltens wird

IDNR: 2443 / V: 03-1.01 / B:Val

30

35

in einen keramischen Werkstoff, den Matrixwerkstoff, ein weiteres Material mit einem von der Matrix abweichenden Gefüge eingelagert. Eine erhöhte Resistenz gegen äußere Einwirkungen kann erreicht werden, das heißt kleine Fehler im Material, wie beispielsweise bei der Herstellung oder durch Beanspruchung im Betrieb erzeugt, führen nicht unmittelbar zur Beschädigung des Bauteils. Bekannt ist, zur Verbesserung der Eigenschaften der Verbundwerkstoffe eine Partikelverstärkung, beispielsweise eine Whisker-Verstärkung, vorzusehen. Bei solchen Keramiken ist es jedoch erforderlich, sicherzustellen, dass die Kurzfasern bzw. Whisker während des bestimmungsgemäßen Betriebs in der Keramikmatrix gebunden bleiben, da diese aufgrund einer Lungengängigkeit einer hohen Gefahrenstoffklasse zugeordnet sind. Daher werden mittlerweile bevorzugt Langfasern verwendet, die als Glas oder auch Glaskeramik beispielsweise aus SiC, Al₂O₃, C, BN oder auch aus Si₃N₄ oder eine Kombination hiervon gebildet sind. Tritt nun eine Beschädigung an einem solchen Bauteil auf, so ist es bisher üblich, die Strömungsmaschine abzuschalten und das beschädigte Bauteil zu ersetzen. Andernfalls steht zu befürchten, dass das beschädigte Bauteil zu weiteren, größeren Schäden an der Strömungsmaschine führt, die einen enormen Reparaturaufwand sowie eine hohe Standzeit nach sich ziehen können.

25

Der Ersatz eines defekten Bauteils kann eine hohe Standzeit bewirken, insbesondere wenn das Bauteil nicht lagermäßig verfügbar ist. Darüber hinaus wird durch den Austausch in unerwünschter Weise erreicht, dass die Bauteile der Strömungsmaschine unterschiedliche Alterungszustände aufweisen. Bei einer folgenden routinemäßigen Wartung werden dann möglicherweise Bauelemente ausgetauscht, die einem nachfolgenden Betriebszyklus noch standhalten würden.

35

Der vorliegenden Erfindung liegt damit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bereitzustellen, welches ermöglicht, die durch

beschädigte Bauteile verursachten Stillstandzeiten der Strömungsmaschine zu reduzieren sowie eine Möglichkeit zu schaffen, beschädigte Bauteile zu reparieren.

- 5 Als Lösung wird mit der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Reparatur eines beschädigten Bauteils einer Strömungsmaschine aus einem keramischen Verbundwerkstoff vorgeschlagen, welches folgende Schritte umfasst: Auflösen der Fügung des Bauteils, Auslaugen der Matrix und/oder
- 10 mechanisches Bearbeiten des Bauteils, Infiltration zur Wiederherstellung und/oder Erneuerung der keramischen Matrix des Bauteils und Wiederherstellen der Fügung.

- Mit der Erfindung wird erstmals die Möglichkeit geschaffen,
- 15 ein Bauteil aus keramischem Verbundwerkstoff einer Strömungsmaschine zu reparieren, insbesondere auch Bauteile, die mit Heißgas beaufschlagt werden. So ermöglicht das Aufheben der Fügung ein Zerlegen des Bauteils, welches in Klebetechnik oder Sintertechnik gefügt wurde. Somit kann
- 20 erreicht werden, dass der beschädigte Teil des Bauteils freigelegt wird und für die weitere Bearbeitung gut zugänglich zur Verfügung steht. In einem folgenden Schritt wird die Matrix des beschädigten Teils des zerlegten Bauteils ausgelaugt und/oder mechanisch bearbeitet. Mit dem Auslaugen
- 25 kann bewirkt werden, dass betriebsbeanspruchte Teile der Matrix des keramischen Verbundwerkstoffs herausgelöst werden, ohne die Faserstruktur zu beschädigen. Das Auslaugen kann durch Einwirkungen eines fluiden Stoffs wie einem geeigneten Gas oder einer geeigneten Flüssigkeit erreicht werden.
- 30 Darüber hinaus kann der beschädigte Bereich durch materialabhebende Bearbeitung bearbeitet werden, wie beispielsweise Schleifen, Fräsen oder dergleichen. So kann der beschädigte Bereich ausgemuldet werden, um so eine Grundlage für eine Reparatur zu bilden. In einem folgenden
- 35 Schritt erfolgt die Infiltration zur Wiederherstellung und/oder Erneuerung der keramischen Matrix des Bauteils. So kann die keramische Matrix lokal wiederaufgebaut werden. Die

- Infiltration kann beispielsweise aus einer Gas- bzw. flüssigen Phase erfolgen. Die zu infiltrierende Stelle wird dazu einem geeigneten Fluid ausgesetzt. Es kann aber auch eine Polymerinfiltration durchgeführt werden, um den Schritt
- 5 der Infiltration auszuführen. Abschließend wird das Bauteil durch Fügen wieder hergestellt. Das Wiederherstellen der Fügung kann direkt auch als Reparatur- oder Füllverfahren genutzt werden. Damit kann die Außenkontur des beschädigten Bauteils wieder hergestellt werden, um insbesondere seine
- 10 strömungsdynamischen Eigenschaften zu gewährleisten. Besonders vorteilhaft erweist es sich, dass Ersatzbauteile, die in der Regel sehr kostenintensiv sind, nicht vorgehalten werden müssen. Die Logistik für Lagerhaltung und Beschaffung von Ersatzteilen kann reduziert werden. So ermöglicht das
- 15 erfindungsgemäße Verfahren eine rasche und kostengünstige Wiederherstellung der Funktion der Strömungsmaschine, insbesondere außerhalb der vorgesehenen Wartungsintervalle, wodurch Stillstandzeiten aufgrund der Reparatur reduziert werden können.
- 20 In einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass das Bauteil nach dem Schritt des Auflöses der Fügung vor einer weiteren Bearbeitung entschichtet wird. Hierdurch wird vorteilhaft die Reparatur von lokalen Beschädigungen und/oder
- 25 Abplatzungen eines Oxidations- oder Korrosionsschutzes ermöglicht. So kann beispielsweise das Entschichten vorgesehen sein, um den Bereich der Beschädigung des Bauteils einer Auslaugung und dem erneuten Einarbeiten der Matrix durch Polymerinfiltration und abschließende Pyrolyse
- 30 zugänglich zu machen. Ferner können Beeinträchtigungen, insbesondere Behinderungen, durch die Beschichtung während der erfindungsgemäßen Reparatur des Bauteils vermieden werden.
- 35 In einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass vor dem Schritt der Infiltration ein Einweben und/oder Wiederbeschichten der Fasern durchgeführt

wird. Durch das Einfügen von einzelnen Fasern oder vorgefertigten Gewebepplatten wie Matten, Gitterstrukturen oder dergleichen kann eine den Verbundwerkstoff bildende Struktur wiederhergestellt werden. Darüber hinaus kann ein

5 lokaler Wiederaufbau unter Erreichung verbesserter mechanischer Eigenschaften gegenüber der keramischen Matrix ermöglicht werden. Zusätzliche Stabilität kann gegenüber einem reinen Auffüllen ausschließlich mit keramischer Masse erreicht werden. Die Fasern, Matten oder Gitterstrukturen

10 können aus einem nichtoxidischen Werkstoff wie Siliziumcarbid, Kohlenstoff oder einem anderen keramischen, insbesondere oxidischen, Werkstoff gebildet sein.

Es wird ferner vorgeschlagen, dass das Bauteil vor dem

15 Schritt der Wiederherstellung der Fügung gesintert wird. Das Sintern kann mittels bekannter Sinterverfahren wie Lasersintern, Plasmasintern oder dergleichen kostengünstig erreicht werden.

20 Um das Sintern im eingebauten Zustand des Bauteils in einer Gasturbine durchführen zu können, wird vorgeschlagen, die Gasturbine kurzzeitig zu überfeuern. Die Überfeuerung der Gasturbine ermöglicht ein Abbinden der keramischen Matrix am eingebauten Bauteil der Gasturbine. So kann das Sintern

25 besonders vorteilhaft im eingebauten Zustand des Bauteils durchgeführt werden.

Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass das Bauteil vor dem Schritt der Wiederherstellung der Fügung beschichtet wird. So

30 kann für das Bauteil eine Verlängerung des Oxidations- bzw. Korrosionsschutzes erreicht werden.

Ferner wird vorgeschlagen, dass nach dem Schritt der Wiederherstellung der Fügung ein Oberflächenschutz vorgesehen

35 wird. Der Oberflächenschutz kann durch CVD, PVD oder Plasmaspritzverfahren ausgeführt werden. Vorteilhaft ist der Oberflächenschutz für das gesamte Bauteil vorgesehen und

umfasst somit auch die Stellen, an denen das Bauteil gefügt ist. Eine hohe Zuverlässigkeit des Bauteils kann erreicht werden.

- 5 In einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass das Verfahren zur Reparatur eines beschädigten Bauteils einer Strömungsmaschine, welches zumindest teilweise aus einem keramischen Verbundwerkstoff gebildet ist, folgende Schritte umfasst: Auslaugen der Matrix und/oder mechanisches
- 10 Bearbeiten des Bauteils, Infiltration zur Wiederherstellung und/oder Erneuerung der keramischen Matrix des Bauteils und Sintern des Bauteils. Gegenüber dem oben angeführten erfindungsgemäßen Verfahren zeichnet sich dieses Verfahren dadurch aus, dass es insbesondere zur Reparatur eines
- 15 beschädigten Bauteils im eingebauten Zustand in der Strömungsmaschine geeignet ist. Neben den bereits genannten Vorteilen kann somit zudem der Aufwand für eine Montage weiter verringert werden.
- 20 Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass nach dem Schritt des Auslaugens der Matrix und vor dem Schritt der Infiltration ein Einweben und/oder Wiederbeschichten der Fasern durchgeführt wird. Auch bei diesem alternativen erfindungsgemäßen Verfahren kann eine Verbesserung der
- 25 mechanischen Eigenschaften gegenüber der reinen keramischen Matrix erreicht werden. Darüber hinaus ermöglicht dieses Verfahren, dass eine bereits vorhandene Faserstruktur ebenfalls repariert werden kann.
- 30 Weitere Merkmale und Vorteile sind der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen zu entnehmen. Gleiche Bauteile und Verfahrensschritte werden mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Die Ausführungsbeispiele dienen lediglich der Erläuterung der Erfindung und sollen diese nicht beschränken.
- 35 Es zeigen:

- Fig. 1 eine erste Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Reparatur eines durch Fremdkörpereinwirkung beschädigten in einer Gasturbine eingebauten Bauteils,
- 5 Fig. 2 ein zweites erfindungsgemäßes Verfahren zur Reparatur eines in einer Gasturbine eingebauten Bauteils,
- 10 Fig. 3 eine dritte Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Reparatur eines ausgebauten Bauteils einer Gasturbine,
- 15 Fig. 4 ein weiteres erfindungsgemäßes Verfahren zur Reparatur eines ausgebauten Bauteils einer Gasturbine,
- 20 Fig. 5 ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Reparatur eines ausgebauten Bauteils einer Gasturbine mit Herstellung eines anschließenden Oberflächenschutzes,
- 25 Fig. 6 ein Verfahren zur Reparatur eines Bauteils mit Beschichtung der Fasern und Oberflächenschutz,
- Fig. 7 eine Schemadarstellung einer Leitschaufel aus einem keramischen Verbundwerkstoff einer Gasturbine mit Beschädigungen und
- 30 Fig. 8 einen vergrößerten Ausschnitt des Bereichs A aus Fig. 7.

Fig. 1 zeigt ein erstes erfindungsgemäßes Verfahren zur Reparatur einer Leitschaufel 1 (Fig. 7) einer nicht näher
 35 dargestellten Gasturbine, die während des Betriebs in der Gasturbine beschädigt worden ist. Die hier vorliegende Leitschaufel 1 besteht aus einem keramischen Werkstoff wie

beispielsweise Siliziumnitrit, Siliziumcarbid, Aluminiumoxid, Zirkoniumoxid, Molith, Glas, Glaskeramik und/oder dergleichen. Dieser Werkstoff wird üblicherweise Matrix genannt. Zur Verbesserung des spröden Bruchverhaltens ist in
5 das Matrixmaterial eine Faserverstärkung eingebracht, die beispielsweise aus Glas, Glaskeramik, Siliziumcarbid, Siliziumnitrit oder dergleichen als auch einer Kombination hiervon bestehen kann, wodurch ein quasi plastisches Verformungsverhalten erzielt werden kann. Daneben besteht
10 auch die Möglichkeit, anstelle oder zusätzlich der Fasern sogenannte Kurzfasern oder Whisker in die Matrix einzubringen. Aus Umweltschutzgründen ist jedoch die erste Ausführung bevorzugt. Mit derartigen Schaufeln ausgerüstete Gasturbinen erlauben eine hohe Einlasstemperatur in den
15 Turbinenbereich von 1100° C bis zu 1350° C, wobei Wirkungsgrade von 31 %, 40 % oder darüber hinaus erreicht werden können.

Die Erhöhung der Bruchzähigkeit solcher Werkstoffe beruht
20 ganz wesentlich auf dem Ablenken von Rissen aus ihrer Ausbreitungsrichtung an der Grenzfläche zwischen Matrix und Faser. Dabei wird Energie dissipiert und die weitere Rissausbildung reduziert. Wenn eine Faser reißt, wird sie durch eine Zugbelastung aus der Matrix herausgezogen, wodurch
25 ebenfalls Energiedissipation auftritt. Dabei treten Spannungsumlagerungen auf, die wie bei einem Metall abgebaut werden können. Die Fasern können selbst eine Beschichtung aufweisen, beispielsweise aus Kohlenstoff oder Bornitrit. Als Faserwerkstoffe werden sowohl oxidische als auch nicht-
30 oxidische Fasern eingesetzt. Nicht-oxidische Fasern umfassen Kohlenstofffasern, Fasern aus Siliziumcarbid, Siliziumnitrit und Bornitrit sowie SiBNC. Oxidische Fasern dagegen bestehen im wesentlichen aus Aluminiumoxid (Saphirfasern), Mullit
($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$) und Zirkonoxid. Von der Firma Nippon Carbon oder
35 Tyranno können beispielsweise die Fasern Hi-Nicalon und Hi-Nacalon S bezogen werden. Darüber hinaus sind Oxidfasern von der Firma 3M unter der Bezeichnung Nextel 610 und Nextel 720

erhältlich. Matrixwerkstoffe werden in der Regel nicht nur nach den verwendeten Werkstoffen sondern auch nach dem Herstellungsverfahren unterschieden, wobei als Werkstoffe beispielsweise Glas, Siliziumdioxid, Aluminiumoxid, Siliziumcarbid oder Siliziumnitrit zum Einsatz kommen.

Das Wandelement (nicht dargestellt) mit der beschädigten Leitschaufel 1 wird im vorliegenden Beispiel aus der Turbine ausgebaut und gemäß einem ersten Schritt, wie in Fig. 1 dargestellt, mechanisch bearbeitet bzw. ausgemuldet. Danach erfolgt durch die Infiltration oder den Pastenauftrag der lokale Wiederaufbau von keramischer Matrix. Anschließend wird der reparierte Bereich des Bauteils gesintert und das Wandelement mit der Leitschaufel 1 an seiner Stelle in der Turbine wieder eingebaut. Je nach Zugänglichkeit des Bauteils innerhalb der Turbine kann die Reparatur auch im eingebauten Zustand des Bauteils durchgeführt werden.

Gemäß Fig. 2 wird ein weiteres Verfahren vorgeschlagen, wobei lokal die Matrix des beschädigten Bauteils 1 in einem ersten Schritt ausgelaugt wird (Fig. 8). In einem weiteren Schritt werden die Fasern eingefügt, wodurch verbesserte mechanische Eigenschaften gegenüber der keramischen Matrix 5 erreicht werden können. Anschließend erfolgen die Schritte Infiltration und Sintern wie im vorherigen Beispiel zu Fig. 1.

Fig. 3 zeigt ein Verfahren zur Behebung eines Alterungseffekts der Leitschaufel 1, der infolge einer Sinterung der keramischen Matrix an der Leitschaufel 1 aufgetreten ist. Um diese Beschädigung zu beheben, wird in einem ersten Schritt die Fügung aufgelöst und anschließend die Leitschaufel 1 entschichtet.

Üblicherweise bildet die Beschichtung 3 des Bauteils eine Schutzschicht, die je nach Anwendungsfall Aluminium, Silizium und/oder Chrom aufweist. Diese Schutzschicht bildet an ihrer

Schichtoberfläche zum Strömungskanal eine protektive Oxidhaut, wodurch der darunter liegende Werkstoff vor weiteren oxidativen Angriffen geschützt ist. Mit zunehmender Betriebsdauer diffundiert Sauerstoff aus dem Strömungskanal durch die Schutzschicht hindurch und führt so zu einer Zunahme der Dicke der Oxidhaut. Am Ende erreicht der Sauerstoff den darunter liegenden Werkstoff. Die Oxidhaut platzt auf oder reißt ab aufgrund thermisch und mechanisch induzierter Spannungen, wobei die Schicht lokal wieder erneuert wird. Ist die Schutzschicht an den oben genannten Elementen verarmt, diffundiert der Sauerstoff in das Bauteil hinein. Die hierbei entstehenden Oxide weisen nur eine geringe schützende Eigenschaft auf, was zu einer massiven Bauteilschädigung mit Rissbildung führt.

Diese Beschichtung 3 wird vor dem nächsten Schritt entfernt. Danach wird die vorhandene Matrix 5 ausgelaugt und es erfolgt eine Wiederbeschichtung der Fasern. Anschließend wird durch Neuinfiltration der lokale Aufbau von keramischer Matrix 5 durchgeführt. Danach wird die Leitschaufel 1 wiederbeschichtet und abschließend die Fügung wieder hergestellt.

Zur Wiederherstellung der Beschichtung kann beispielsweise eine Diffusionsschicht erzeugt und/oder eine Überzugs- bzw. Auflageschicht aufgebracht werden. Bei der Erzeugung der Diffusionsschichten durch CVD-Verfahren (CVD ist gleich Chemical Vapour Deposition, Chemische Abscheidung aus der Gasphase) werden Aluminium- und Chromgehalte in den oberflächennahen Bereichen des Bauteils erhöht. Üblicherweise wird hierzu das „Packcementation“-Verfahren angewandt, bei dem die Bauteile bei einer Temperatur von ca. 700 bis 1100° C, vorzugsweise bei einer Temperatur von 800 bis 1050° C, unter inerter oder reduzierender Atmosphäre mit Pulvern umgeben werden, in denen die erforderlichen Elemente angereichert sind. Durch den Aluminiumgehalt im Pulver kann gesteuert werden, ob eine Aluminiumdiffusion in das Bauteil

hinein (High Activity Process) oder eine Nickeldiffusion aus dem Bauteil heraus in das Pulver (Low Activity Process) stattfindet. Im Hinblick auf den Heißgaskorrosionsschutz können Varianten der reinen Aluminid-(Alitier-)Schichten verwendet werden, wie beispielsweise mit Platin modifizierten Aluminidschichten. Das Diffusionsverfahren kann für eine Schichtdicke vorzugsweise bis zu 100 μm eingesetzt werden, während Auflageschichten sowohl dicker als auch komplexer zusammengesetzt abscheidbar sind. Das Aufbringen einer Auflageschicht wird dagegen mittels thermischer Spritzverfahren oder dem PVD-Verfahren (PVD ist gleich Plasma Vapour Deposition) durchgeführt. Insbesondere für die Verwendung in Gasturbinen sind Legierungen des Typs „MCrAlX“ im Einsatz, die bei guter Abstimmung auf den Betriebszustand über mehrere 1000 Stunden den Aufbau einer dichten, passivierenden Oxidhaut gewährleisten. M steht für Matrixelemente wie beispielsweise Nickel, Cobalt, Eisen oder dergleichen sowie eine Kombination dieser Elemente. Zur Deckschichtbildung werden vorzugsweise Chrom, Aluminium oder dergleichen verwendet. X steht für Aktivelemente wie Yttrium, Hafnium, Zirkonium und/oder Ytterbium oder dergleichen. Zur Erhöhung der Aktivität der Deckschichtbildner kann zudem noch Silizium zugesetzt werden. Eine weitere Zugabe von Rhenium reduziert die Oxidationsrate und verbessert gleichzeitig das thermomechanische Verhalten des Systems.

Fig. 4 zeigt einen weiteren erfindungsgemäßen Verfahrensablauf, bei dem zur Reparatur einer mechanischen Beschädigung 2 der Leitschaufel 1 zunächst die Fügung aufgelöst wird, und anschließend durch Schleifen die beschädigte Stelle mechanisch ausgemuldet wird. Im folgenden Schritt wird durch Neuinfiltration bzw. Rekonturieren die ursprüngliche Form der Leitschaufel 1 wiederhergestellt. Danach wird die Leitschaufel 1 beschichtet und abschließend wieder gefügt.

In Fig. 5 ist ein Verfahrensablauf zur Reparatur einer Leitschaufel 1 dargestellt, die durch Fremdkörpereinwirkung (FOD, foreign object damage) beschädigt ist. Zunächst wird in einem ersten Verfahrensschritt die Fügung aufgelöst und in
5 einem nachfolgenden Verfahrensschritt die Matrix 5 an den betroffenen Stellen ausgelaugt. Danach werden einzelne Keramikfasern 4 an den betroffenen Stellen eingewebt. Die Fasern 4 sind vorliegend aus einem Keramikwerkstoff gebildet. Anschließend wird durch Infiltration der lokale Wiederaufbau
10 von keramischer Matrix 5 durchgeführt. Danach wird die Leitschaufel 1 gefügt und ein Oberflächenschutz auf der Leitschaufel 1 aufgebracht.

Ein weiterer erfindungsgemäßer Verfahrensablauf ist in Fig. 6
15 dargestellt, bei dem im Unterschied zu dem in Fig. 5 dargestellten Verfahrensablauf eine Wiederbeschichtung der Fasern vorgesehen ist.

Die Ausführungsbeispiele sollen lediglich die Erfindung
20 erläutern und diese nicht beschränken. Weitere Kombinationen von Verfahrensschritten können vom Fachmann durchgeführt werden, ohne den Schutzbereich dieser Erfindung zu verlassen.

27. Jan. 2004

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reparatur eines beschädigten und/oder
gealterten Bauteils einer Strömungsmaschine, welches
5 zumindest teilweise aus einem keramischen
Verbundwerkstoff gebildet ist, mit den Schritten:
Auflösen der Fügung des Bauteils,
Auslaugen der Matrix und/oder mechanisches Bearbeiten
des Bauteils,
10 Infiltration zur Wiederherstellung und/oder Erneuerung
der keramischen Matrix des Bauteils und
Wiederherstellen der Fügung.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
15 dadurch gekennzeichnet,
dass das Bauteil nach dem Schritt des Auflöserns der
Fügung vor einer weiteren Bearbeitung entschichtet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass vor dem Schritt der Infiltration ein Einweben
und/oder Wiederbeschichten der Fasern durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
25 dadurch gekennzeichnet,
dass das Bauteil vor dem Schritt der Wiederherstellung
der Fügung gesintert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
30 dadurch gekennzeichnet,
dass das Bauteil vor dem Schritt der Wiederherstellung
der Fügung beschichtet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
35 dadurch gekennzeichnet,
dass nach dem Schritt der Wiederherstellung der Fügung
ein Oberflächenschutz vorgesehen wird.

7. Verfahren zur Reparatur eines beschädigten und/oder gealterten Bauteils einer Strömungsmaschine, welches zumindest teilweise aus einem keramischen Verbundwerkstoff gebildet ist, mit den Schritten:
5 Auslaugen der Matrix und/oder mechanisches Bearbeiten des Bauteils,
Infiltration zur Wiederherstellung und/oder Erneuerung der keramischen Matrix des Bauteils und
10 Sintern des Bauteils.
8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass nach dem Schritt des Auslaugens der Matrix und vor dem Schritt der Infiltration ein Einweben und/oder Wiederbeschichten der Fasern durchgeführt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
20 dass als Strömungsmaschine eine Gasturbine verwendet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
25 dass die Gasturbine überfeuert wird.

EPO - Munich
83
27. Jan. 2004

Zusammenfassung

Verfahren zur Reparatur eines Bauteils einer
Strömungsmaschine

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reparatur eines beschädigten und/oder gealterten Bauteils einer Strömungsmaschine, welches zumindest teilweise aus einem keramischen Verbundwerkstoff gebildet ist.

10

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bereitzustellen, welches ermöglicht, die durch beschädigte Bauteile verursachten Stillstandzeiten der Strömungsmaschine zu reduzieren sowie eine Möglichkeit zu schaffen, beschädigte Bauteile zu reparieren.

15

Als Lösung wird mit der Erfindung ein gattungsbildendes Verfahren zur Reparatur eines beschädigten Bauteils einer Strömungsmaschine aus einem keramischen Verbundwerkstoff vorgeschlagen, welches folgende Schritte umfasst: Auflösen der Fügung des Bauteils, Auslaugen der Matrix und/oder mechanisches Bearbeiten des Bauteils, Infiltration zur Wiederherstellung und/oder Erneuerung der keramischen Matrix des Bauteils und Wiederherstellen der Fügung.

25

Fig. 3

FIG 1

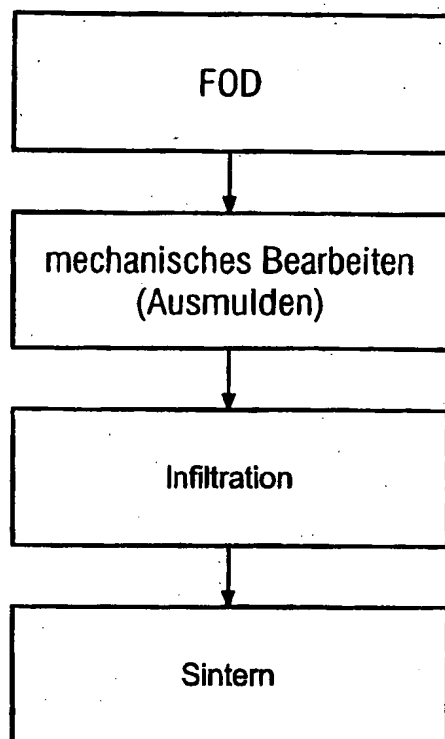


FIG 2

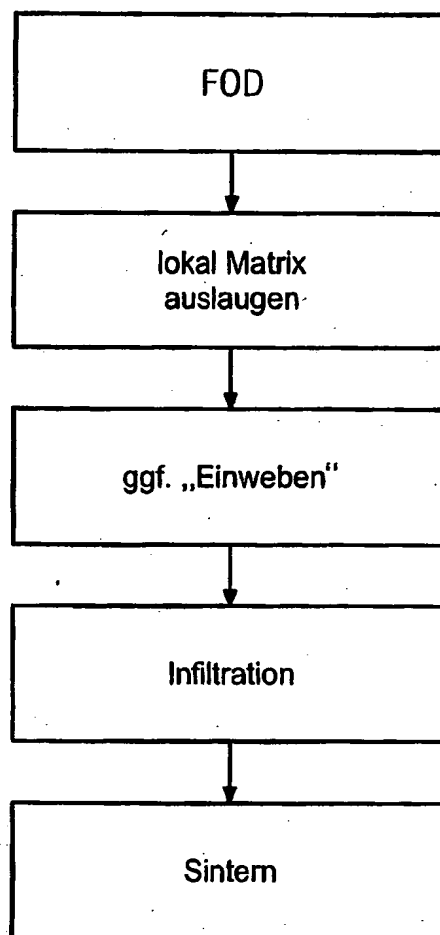


FIG 3

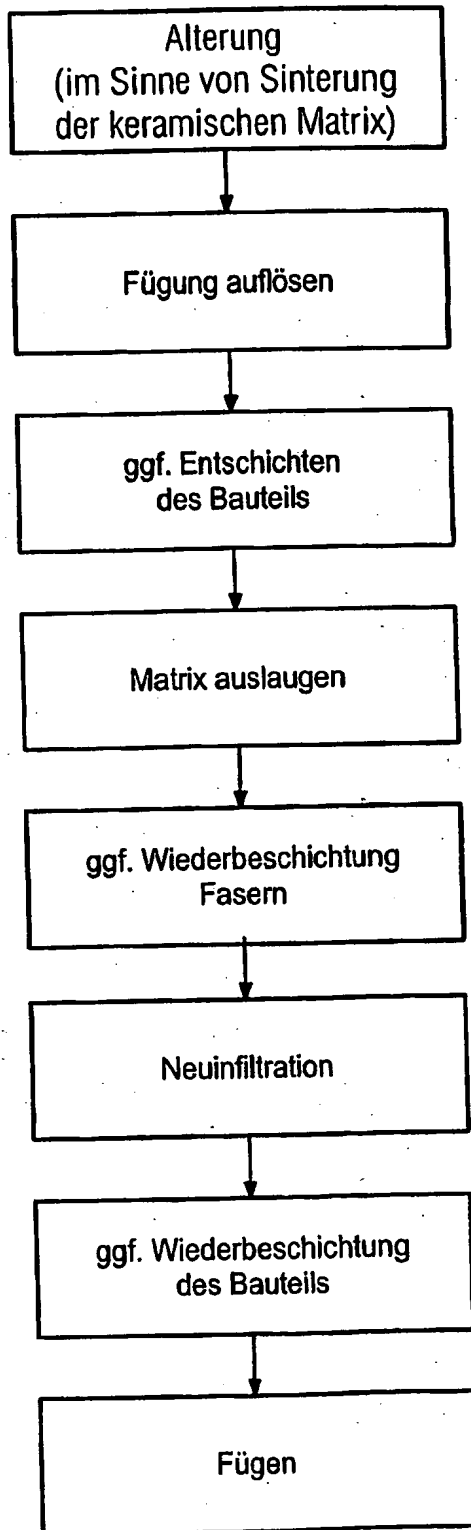


FIG 4

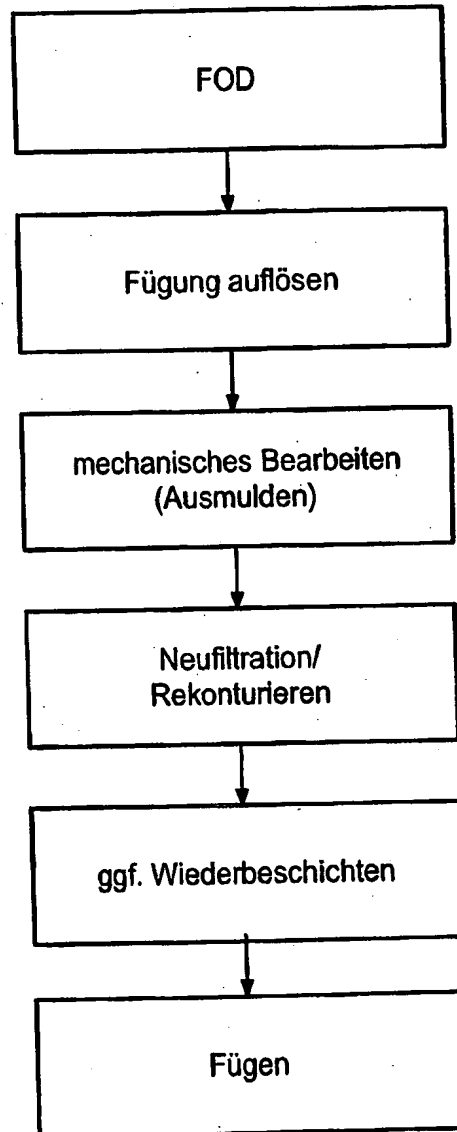


FIG 5

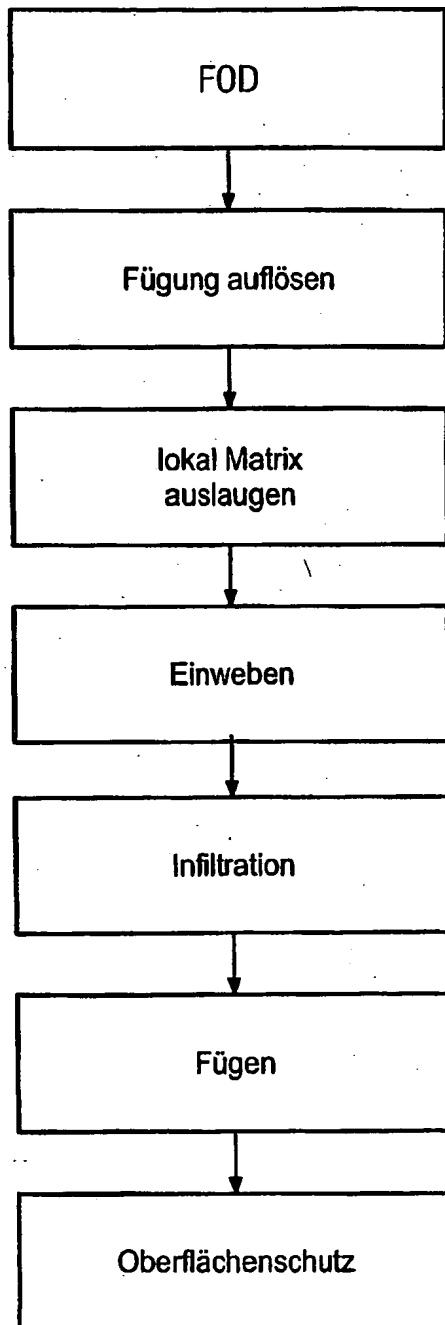


FIG 6

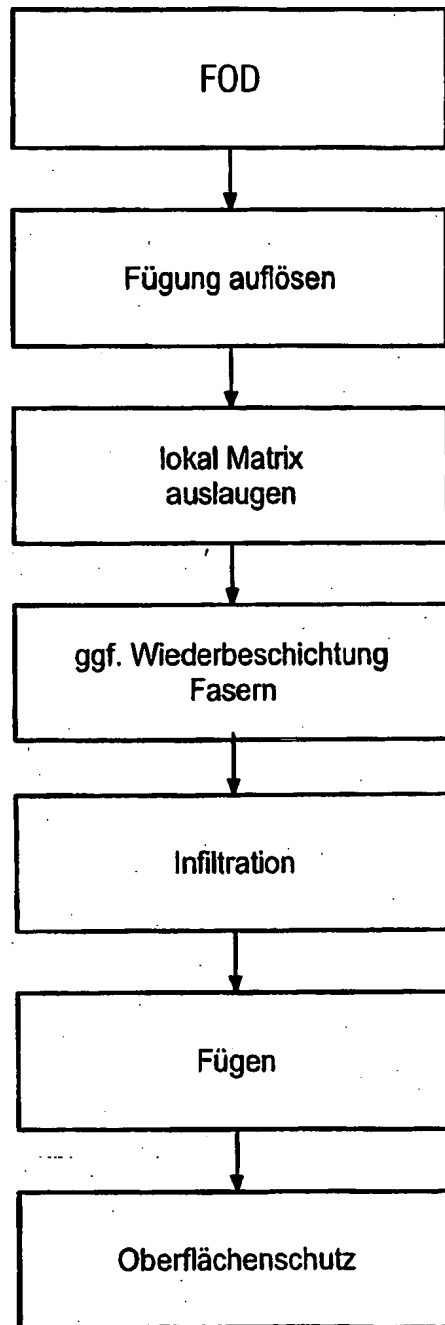


FIG 7

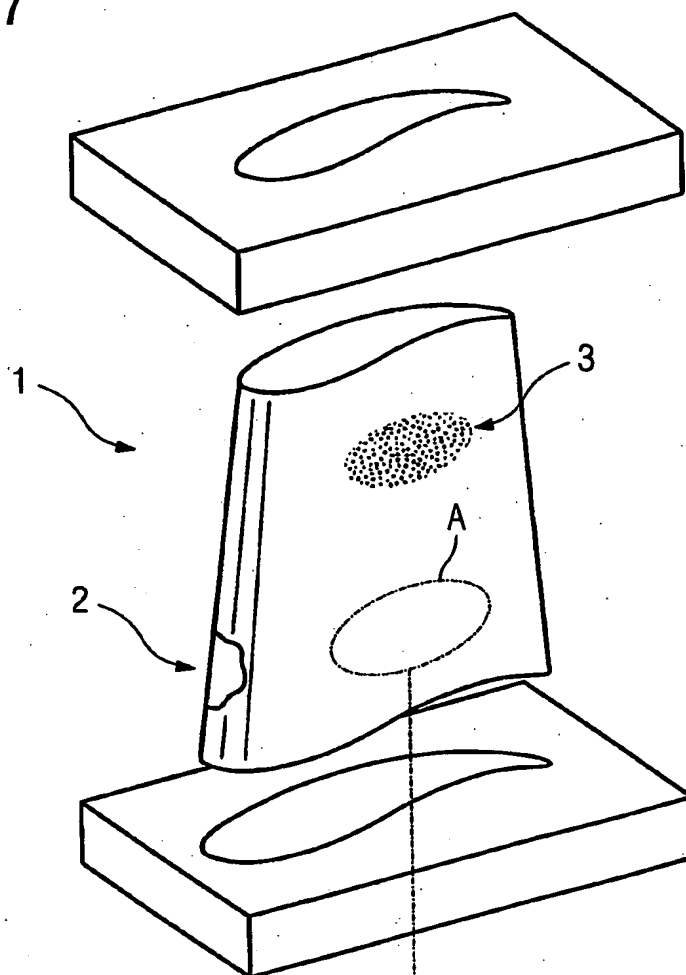
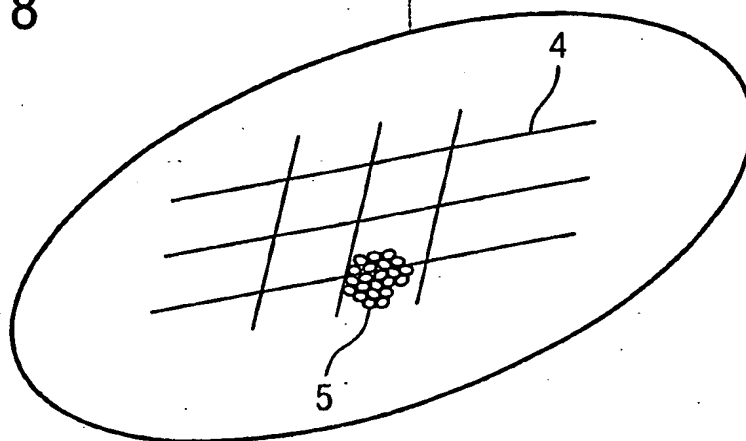


FIG 8



From the INTERNATIONAL BUREAU

PCTNOTIFICATION CONCERNING
SUBMISSION OR TRANSMITTAL
OF PRIORITY DOCUMENT

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

To:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Postfach 22 16 34
80506 München
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 18 March 2005 (18.03.2005)	
Applicant's or agent's file reference 2003P12288WO	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/EP05/000406	International filing date (day/month/year) 17 January 2005 (17.01.2005)
International publication date (day/month/year)	Priority date (day/month/year) 27 January 2004 (27.01.2004)
Applicant SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al	

- By means of this Form, which replaces any previously issued notification concerning submission or transmittal of priority documents, the applicant is hereby notified of the date of receipt by the International Bureau of the priority document(s) relating to all earlier application(s) whose priority is claimed. Unless otherwise indicated by the letters "NR", in the right-hand column or by an asterisk appearing next to a date of receipt, the priority document concerned was submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b).
- (If applicable)* The letters "NR" appearing in the right-hand column denote a priority document which, **on the date of mailing of this Form**, had not yet been received by the International Bureau under Rule 17.1(a) or (b). Where, under Rule 17.1(a), the priority document must be submitted by the applicant to the receiving Office or the International Bureau, but the applicant fails to submit the priority document within the applicable time limit under that Rule, **the attention of the applicant is directed** to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.
- (If applicable)* An asterisk (*) appearing next to a date of receipt, in the right-hand column, denotes a priority document submitted or transmitted to the International Bureau but not in compliance with Rule 17.1(a) or (b) (the priority document was received after the time limit prescribed in Rule 17.1(a) or the request to prepare and transmit the priority document was submitted to the receiving Office after the applicable time limit under Rule 17.1(b)). Even though the priority document was not furnished in compliance with Rule 17.1(a) or (b), the International Bureau will nevertheless transmit a copy of the document to the designated Offices, for their consideration. In case such a copy is not accepted by the designated Office as the priority document, Rule 17.1(c) provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

<u>Priority date</u>	<u>Priority application No.</u>	<u>Country or regional Office or PCT receiving Office</u>	<u>Date of receipt of priority document</u>
27 January 2004 (27.01.2004)	04001723.8	EP	25 February 2005 (25.02.2005)

The International Bureau of WIPO
34, chemin des Colombettes
1211 Geneva 20, Switzerland

Authorized officer

Zoltanski Andrzej

Facsimile No. +41 22 740 14 35

Facsimile No. +41 22 338 89 75
Telephone No. +41 22 338 8608